

UV Strahlung in aquatischen Ökosystemen

Richter, Otto

Veröffentlicht in:
Jahrbuch 2012 der Braunschweigischen
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.109-112



J. Cramer Verlag, Braunschweig

UV Strahlung in aquatischen Ökosystemen*

OTTO RICHTER

Institut für Geoökologie, TU Braunschweig,
Langer Kamp 15c, D-38106 Braunschweig

1. Einführung

Im Zusammenhang mit der durch eine Polaritätsumkehr des Erdmagnetfeldes erhöhten UV Strahlung (Glaßmeier et al. 2009, s. auch Beitrag Glaßmeier in diesem Band) wurde ein Modell für die Änderung des biooptischen Milieus und die Auswirkung auf das Wachstum von Phytoplankton unter UV Belastung entwickelt. Ausgangspunkt ist das in Abb. 1 dargestellte konzeptuelle Modell mit den Komponenten UV Strahlung, Strahlung im photosynthetisch aktiven Bereich, farbige gelöste organische Substanz (colored dissolved organic matter CDOM) und Phytoplanktondichte. Die betrachteten Prozesse sind der Strahlungstransport im biologischen Milieu, die Populationsdynamik von Phytoplankton unter dem Einfluss von UV Strahlung, die circadiane Wanderung des Phytoplanktons in

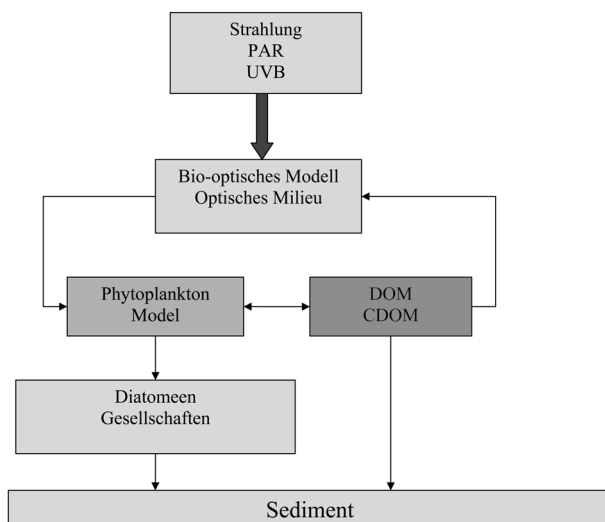


Abb. 1. Konzeptuelles Modell für die Wechselwirkungen von UV Strahlung und Phytoplankton.

* Der Vortrag wurde am 10.02.2012 in der Klasse für Mathematik und Naturwissenschaften der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft gehalten.

Zonen optimaler Strahlungsdichte (Phototaxis), die Produktion, Transport und Zerfall von CDOM und die Beeinflussung des optischen Milieus durch die CDOM.

2. Modellgleichungen

Das konzeptuelle Modell wird durch ein System von gekoppelten partiellen Differentialgleichungen beschrieben. Für das Phytoplankton ergeben sich Reaktionsdiffusionsgleichungen, wobei der Reaktionsteil die Populationsdynamik – Wachstum, Zerfall, Konsum durch Zooplankton – beschreibt und der Transportteil die passive Dispersion und aktive Phototaxis. Der Phototaxisterm ist an das Strahlungsfeld der PAR gekoppelt und der Faktor der Primärproduktion an das UV und PAR Strahlungsfeld.

$$\frac{\partial B}{\partial t} = \underbrace{P(I_{PAR}, I_{UVB}) B \left(1 - \frac{B}{C_B}\right)}_{\text{Primärproduktion des Phytoplanktons}} + \underbrace{\frac{\partial}{\partial z} \left[D_B \frac{\partial}{\partial z} B - V_z B \right]}_{\text{Dispersion und Phototaxis}} - \underbrace{\beta \frac{H B}{B + K_s} - \mu B}_{\text{Mortalität durch Predation}}$$

$$V_z = \alpha (I_{PAR}(z, t) - I_{OPT}) - v_g$$

Phototaxis

$$P(I_{PAR}, I_{UVB}) = P_{\max} \frac{I_{PAR}}{I_{OPT}} \exp\left(-\frac{I_{PAR}}{I_{OPT}} + 1\right) \frac{1}{1 + \left(\frac{I_{UVB}}{K_r}\right)^m}$$

Primärproduktion in Abhängigkeit von PAR und UVB

$$\frac{1}{c} \frac{\partial I_{PAR}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z} I_{PAR} = -\kappa_{PAR} I_{PAR} \quad \text{Strahlungstransport}$$

$$\frac{1}{c} \frac{\partial I_{UVB}}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial z} I_{UVB} = -\sigma_{UVB} I_{UVB}$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D_{CDOM} \frac{\partial}{\partial z} C - v_g C \right] + \gamma B - \mu_{CDOM} C \quad \text{Produktion und Dispersion von CDOM}$$

$$\sigma_{UVB} = \sigma_B + \sigma_P C(\vec{x}, t)$$

$$\kappa_{PAR} = \kappa_B + \kappa_P B(\vec{x}, t)$$

Attenuationskoeffizienten in Abhängigkeit von CDOM und Phytoplankton

Nähere Erläuterungen des Modells und Parameterwerte findet man bei Glaßmeier et al. (2009).

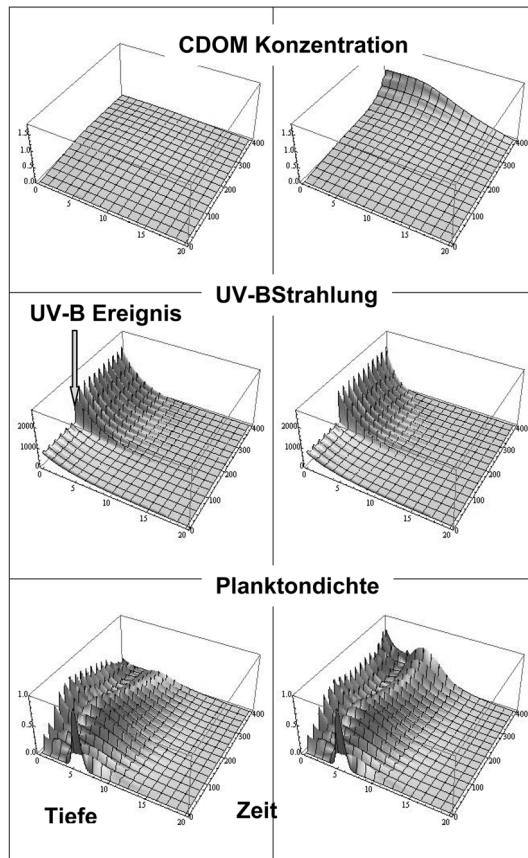


Abb. 2. Simulation des Systemverhaltens auf ein UV-B Ereignis zweier fiktiver Phytoplanktonpopulationen. Linke Spalte: diese Population kann das biotische Milieu durch Produktion von CDOM nicht verändern und wird daher durch das UV-B Ereignis stark geschädigt. Rechte Spalte: durch Produktion von CDOM wird UV-B Strahlung absorbiert und die Population ist in der Lage weiter zu wachsen. Die circadiane Wanderungsbewegung ist durch Phytotaxis bedingt.

3. Ein Ergebnis

Abbildung 2 zeigt als ein Beispiel das Modellverhalten auf eine UV-B Ereignis. Dabei wurden zwei fiktive Populationen betrachtet, die unterschiedlich auf ein UV-B Ereignis reagieren. Population 1 (linke Spalte in Abb. 2) ist nicht in der Lage durch vermehrte CDOM Produktion auf ein UV-B Ereignis zu reagieren, während Population 2 (rechte Spalte) durch Produktion von CDOM die UV-B Strahlung so abschwächen kann, dass sich die Population wieder erholen kann.

Daraus wird die Hypothese abgeleitet, dass die in Folge von Polaritätsänderungen des Erdmagnetfeldes induzierten langfristigen UV-B Belastungen evolutionäre Schübe ausgelöst haben, die u.a. zu Varianten mit der Fähigkeit zur CDOM Produktion geführt haben. Weitere Ergebnisse und Diskussionen findet man bei Glaßmeier et al. (2009).

Literatur

EILERS P.H.C. & J.C.H. PEETERS, A model for the relationship between light intensity and the rate of photosynthesis in phytoplankton. *Ecol. Model.* **42**, 199–215, 1988.

GLASSMEIER, K.H., O. RICHTER, J. VOGT, P. MÖBUS & A. SCHWALB, The Sun, geomagnetic polarity transitions, and possible biospheric effects: review and illustrating model. *Int. J. Astrobiol.* **8**, 147–159, 2009.

KUWAHARA, V.S., OGAWA H., TODA T., KIKUCHI T. & S. TAGUCHI, Variability of Bio-optical Factors Influencing the Seasonal Attenuation of Ultraviolet Radiation in Temperate Coastal Waters of Japan. *Photochemistry and Photobiology*, Vol **72**, 2, 193–199, 2000.

MORRISON J.R. & B.N. NELSON, Seasonal cycle of phytoplankton UV absorption at the Bermuda Atlantic time-series study site. *Limnol Oceanogr* **49**(1), 215–224, 2004.

STEINBERG, S., N. NELSON, C. CARLSON & A. PRUSK, Production of chromophoric dissolved organic matter (CDOM) in the open ocean by zooplankton and the colonial cyanobacterium *Trichodesmium* spp. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol **264**, 7, 47–56, 2004.